

**Redação selecionada e publicada
pela Olimpíada de Química SP-2010**

Autor: Marcelo Moreno Bonassa

Série: Primeira Ensino Médio

Profs. Lilian Siqueira e Fábio Siqueira

Colégio: Bandeirantes

Cidade: São Paulo, SP

Química Verde: Rumo a Produtos e Processos sem Impacto Ambiental

Desde o surgimento da indústria, a Química vem sendo amplamente utilizada no processo produtivo. A fabricação de praticamente todos os produtos da vida moderna (de um computador ultrapotente a um avançado cosmético) requer a aplicação prática de conhecimentos químicos.

No entanto, durante o século XIX e boa parte do XX, a indústria, em geral, foi extremamente irresponsável. Não se levava em conta o impacto ambiental que a atividade industrial acarretaria – subprodutos indesejados eram descartados prontamente, não se punha na equação a eficiência energética dos processos e pouco se pensava na toxicidade de solventes e secantes.

Nas últimas décadas, contudo, parece ter havido uma mudança. Já há algum tempo podemos ver e sentir o impacto que nossas ações inconscientes tiveram sobre o meio ambiente e, por isso, a preocupação com a degradação da natureza vem crescendo. De fato, em 1992, realizou-se no Rio de Janeiro a ECO-92, cujo objetivo era buscar soluções para a problemática ambiental.

A busca por sustentabilidade atingiu o campo da Química. Na década de 1990, a *Environmental Protection Agency* e a *American Chemical Society*, instituições norte-americanas, introduziram a filosofia da Química Verde, ou Química Sustentável.

Não se deve confundir Química Verde com Química Ambiental. A Química Ambiental estuda os fenômenos e processos químicos que acontecem no ecossistema, identificando o destino dos compostos químicos no solo, ar e água, e as relações que eles estabelecem com os animais (inclusive o homem). Já a Química Verde é uma filosofia que prega a pesquisa e implantação de técnicas e substâncias alternativas que reduzam o impacto ambiental, principalmente na atividade da indústria. Assim, é considerada uma abordagem sustentável à Química a utilização de reagentes e solventes não tóxicos e reações com menor gasto energético (realizadas à temperatura e pressão ambientes).

Dentro dessa nova realidade, os cientistas Paul Anastas e John C. Warner desenvolveram 12 princípios da Química Verde. De forma resumida, eles se referem às seguintes ações:

- Reduzir o lixo – é melhor prevenir sua formação do que tratá-lo;
- Evitar o uso de substâncias tóxicas;
- Utilizar, preferencialmente, compostos que se decomponham no ambiente após o uso e que sejam renováveis;
- Atentar para o gasto energético das reações – preferencialmente, realizá-las a temperatura e pressão ambientes.

Alguns exemplos podem ser citados para ilustrar esses princípios, como o caso dos solventes, que devem ser evitados, ou, se isso não for possível, usar os menos tóxicos.

Antigamente, usava-se muito o tetracloreto de carbono (CCl_4) como solvente para limpeza a seco de roupas, já que ele removia manchas ao dissolver a sujeira. No entanto, a inalação dos vapores dessa substância provocava sérios problemas de saúde, principalmente nos rins, fígado e sistema nervoso central, motivo pelo qual ela não é mais usada.

A maioria dos solventes industriais, e não só o tetracloreto de carbono, são tóxicos. Além de prejudicarem a saúde, eles também causam problemas ambientais. Por isso, um dos objetivos da Química Verde é eliminar o uso dessas substâncias; se o uso de solventes for absolutamente necessário, deve-se optar pelos menos tóxicos, como o acetato de etila.

O acetato de etila ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$) é obtido a partir da reação do etanol com o ácido acético. A sua vantagem é a baixa toxicidade que apresenta em relação a outros solventes. Dessa forma, ele é capaz de substituir, entre outros, clorometano (CH_3Cl), clorofórmio (CHCl_3) e tricloroetileno (TCE), porém sem os riscos ambientais e à saúde.

Atualmente, esse composto é produzido por algumas indústrias com bioetanol (renovável), o que o torna ainda mais sustentável. Este solvente tem diversas aplicações, sendo muito usado na indústria. Ele está presente em perfumes e removedores de esmalte e, incrivelmente, em frutas, tanto que é empregado em essências artificiais como aromatizante. Outro uso interessante dessa substância é como agente “descafeinante”: os grãos de café são mergulhados na solução, e lentamente a cafeína é dissolvida e lavada.

Para concluir, nos casos em que não há como evitar a utilização de solventes, é preferível, de modo a reduzir o impacto ambiental, o uso de compostos facilmente integrados à Natureza e de baixa toxicidade, como, por exemplo, o acetato de etila.

Outro exemplo que ilustra os princípios da Química Verde é a produção do ibuprofeno: sem lixo, sem desperdício, sem poluição. A indústria farmacêutica sempre enfrentou problemas na produção de remédios: entre eles, as inúmeras etapas intermediárias para se chegar ao fármaco desejado e a grande quantidade de solventes necessários. Obviamente, esse tipo de processo tem um altíssimo impacto ambiental.

A mesma coisa acontecia com a substância ibuprofeno, componente principal do analgésico Advil™. Para se ter uma ideia, dos átomos reagentes, apenas 40% se convertia em produto, e a reação se processava em 6 etapas diferentes! Além disso, havia enorme geração de resíduos prontamente descartados, já que eram utilizados vários auxiliares.

Tudo isso contrariava os princípios da Química Verde: havia alta produção de lixo, desperdício de substâncias e formação de compostos tóxicos.

Até que uma empresa chamada *BHC Company* desenvolveu outro processo para produzir o ibuprofeno, muito mais eficiente e ecologicamente correto. Ele funciona com a ajuda do fluoreto de hidrogênio (HF), como solvente (o único) e catalisador. Um dos princípios da Química Verde é justamente o uso de catalisadores, porque eles podem ser reutilizados várias vezes sem serem consumidos pela reação. De fato, o HF usado na reação é reciclado múltiplas vezes com eficiência de 99,9% (ou seja, só 0,01% se perde).

Além disso, as seis etapas da síntese original foram substituídas por apenas três, nas quais praticamente não há desperdício de substâncias: 80% dos átomos reagentes são incorporados ao produto (99% se forem computadas as reutilizações). Por causa disso, praticamente não há produção de lixo residual.

Todas essas vantagens (“eficiência atômica”, uso de catalisadores, diminuição do lixo e uso de solventes “verdes”) estão de acordo com os princípios da Química Sustentável, razão pela qual o novo processo foi muito elogiado e premiado com o *Presidential Green Chemistry Challenge Award*.

Hoje em dia, o ibuprofeno é produzido em larga escala utilizando o novo método. Isso prova que a Química Verde não funciona só no papel, podendo ser aplicada na indústria sem que haja diminuição ou encarecimento da produção (muito pelo contrário); os princípios da Química Verde, como mostrou esse exemplo, são práticos e aplicáveis, mesmo se a preocupação primária for o lucro e não o meio ambiente. Para isso, só é necessário um trabalho de pesquisa para identificar maneiras mais ecologicamente sustentáveis de se fazer a mesma coisa (e elas sempre existem).

Além dos exemplos já citados, há ainda um bem importante: o tratamento mais ecológico do algodão. Você já deve ter visto “100% algodão” escrito na etiqueta de uma camiseta.

Desde 2200 a.C., a fibra do algodão já era aproveitada para confecção de têxteis. De lá para cá, a produção nunca se interrompeu, mas hoje em dia, utiliza métodos que causam grande impacto ambiental.

Para virar uma peça de roupa (ou um lençol), o algodão não pode ser utilizado “virgem” – ele precisa sofrer uma série de tratamentos químicos que visam remover suas impurezas, como por exemplo a cera, que é um grande obstáculo para a tintura da fibra de algodão, por isso precisa ser removida.

O grande problema é a maneira como essas impurezas são removidas: o método tradicional é aplicar banhos quentes de hidróxido de sódio (NaOH) no algodão. O NaOH age dissolvendo os

óleos, cera e contaminantes, que depois são lavados com grandes volumes de água. Geralmente, acontece também uma etapa de neutralização, no qual é aplicado ácido acético (CH_3COOH).

Esse processo (aplicação do solvente e lavagem com água) acontece várias vezes até que o algodão esteja livre de impurezas, o que tende a danificar a fibra. Mas o dano maior é ambiental: há gastos enormes de água e desperdício de substâncias que contaminam o meio ambiente. Para entender a dimensão do problema, basta imaginar milhares de litros de hidróxido de sódio sendo jogados em um rio – o pH se eleva tanto que o rio fica estéril.

Mas mesmo se todos os efluentes do processo forem tratados, ainda há outro problema: o enorme desperdício de tempo, dinheiro e energia. Como diz o primeiro princípio da Química Verde, é melhor prevenir a formação do lixo do que tratá-lo.

E é exatamente isso que faz um novo método de tratamento do algodão desenvolvido pela empresa *Novozymes*. Usa-se uma enzima em vez de hidróxido de sódio, e isso resulta em várias vantagens, a começar pelas fibras do algodão, que não são danificadas, já que a enzima é bem mais suave do que os solventes. Na verdade, o funcionamento da enzima é diferente: ela decompõe a pectina do algodão, liberando a cera e outros componentes que estavam aprisionados. Mesmo assim, o novo método é tão ou mais eficiente que o tradicional e, segundo estimativas, 30% mais barato. Além disso, o uso de solventes é totalmente eliminado e o desperdício de água é reduzido de 30% a 50%. Isso acontece porque o tratamento com a enzima requer bem menos lavagens do que o tratamento com hidróxido de sódio quente.

Assim, está mais do que comprovado que esse processo inovador poupa energia, tempo, água e substâncias químicas, e causa bem menos impacto ambiental.

Considerando que o Brasil é um grande produtor de algodão, e a grande maioria dele segue para a indústria têxtil, o nosso meio ambiente poderia beneficiar-se enormemente dessa inovação da Química Verde.

Podemos concluir com estes casos que a Química Verde não se trata de metas inalcançáveis nem de medidas que prejudiquem a produção industrial. Trata-se de elaborar e pôr em prática meios diferentes, ecologicamente sustentáveis, de fabricar o mesmo produto. Isso é, sobretudo, um esforço intelectual e de pesquisa – como substituir o solvente X, tóxico, por um composto menos agressivo? Como reduzir a produção de lixo? Como otimizar o gasto energético?

Essas perguntas, nas mãos de químicos competentes, transformam-se em soluções. Por isso, o que a Química Verde necessita é do engajamento de profissionais, que poderão bolar maneiras mais inteligentes de fabricar produtos. Afinal, como já foi dito, a Química está presente em todos os momentos da nossa vida, inclusive quando engolimos um analgésico, vestimos uma camiseta ou bebemos uma xícara de café descafeinado. Daí vem a grande importância de torná-la mais sustentável.

BIBLIOGRAFIA:

<http://www.ufpel.tche.br/iqg/wwverde/index.htm>

<http://quimicanova.s bq.org.br/qn/qnol/2003/vol26n5/17-DV02190.pdf>

<http://vre.upei.ca/greenchem/dd>

<http://www.rsc.org/publishing/journals/GC/article.asp?type=currentissue>

http://books.google.com.br/books?id=aXvQ9Ri9_lwC&printsec=frontcover&source=gbs_navlinks_s#v=onepage&q=&f=false

<http://www.davyprotech.com/pdfs/23-01-06.pdf>

<http://www.worker-health.org/chlorinatedsolvents.html>

<http://www.carolina.com/category/teacher+resources/green+chemistry/introduction+to+green+chemistry.do>

<http://academic.uofs.edu/faculty/CANNM1/intro.html>

<http://www.greenchemex.org/>

<http://wikipedia.org/>

<http://www.epa.gov/greenchemistry/pubs/pgcc/winners/gspa97.html>

<http://www.novozymes.com/en/MainStructure/PressAndPublications/PressRelease/Novozymes+AS+receives+Presidential+Green+Chemistry+Challenge+Award+2001.htm>

<http://www.emdiv.com.br/pt/mundo/riquezas-da-fauna-e-flora/1187-o-algodao-plantio-especies-e-historia.html>